Efecto de la humedad de la biomasa en el calor de combustión de bagazo de caña y desperdicios de la mazorca de maíz

The effect of biomass moisture on heat combustion from sugarcane baggase and waste corn cob

Eliseo Amado-González[1], César Villamizar Quiñonez[2], Marlon Martínez- Reina[3]

[1] *Químico, M.Sc, .Ph.D., IBEAR, Universidad de Pamplona, eamado@unipamplona.edu.co*

[2] *Agrónomo, M.Sc., Universidad de Pamplona, csrvillamizar@unipamplona.edu.co*

[3] *Ing. Materiales, M.Sc. Universidad de Pamplona, marpao3008@gmail.com*

Fecha de recepción: 12/05/2014 Fecha de aceptación del artículo: 16/06/2014

Resumen

Se evaluó el contenido de azufre y el calor de combustión en bagazo de caña de azúcar destinada a la elaboración de panela de las variedades CC 85-57, CC 85-92, CC 85-47, CC 84-75, CC 86-45, RD 75 –11 y de mazorca en las variedades ICA V-109, ICA V-156, ICA V-304, ICA V-305 e ICA V-507, con contenidos de humedad de 0% (p/p), 10% (p/p), 20% (p/p), y 30% (p/p). Los resultados se analizaron con relación a las ventajas de utilizar las variedades con menor producción de azufre, mayor producción de residuos y que sean menos afectados por la humedad.

Palabras clave

Agroindustria, Calor de combustión, Contenido de azufre, Panela.

Abstract

Heat combustion and sulfur content of sugarcane bagasse for the manufacture of panela CC 85-57, CC 85-92 CC 85-47 CC 84-75 CC 86-45, RD varieties evaluated 75 -11 and corb waste in the varieties V ICA-109, ICA V-156, V-304 ICA ICA ICA V-305 and V-507, with a moisture content of 0% (w / w), 10 % (w / w), 20% (w / w) and 30% (w / w). The results are analyzed in relation to the benefits of using varieties with lower sulfur production, increased production of waste and to be less affected by moisture.

Keywords

Heat combustion, Panela, Post-harvest, Sulphur content.

1. Introducción

En Colombia el cultivo de la caña panelera se encuentra presente en nuestra geografía con una extensión aproximada de 250.000 ha [1]. El uso del bagazo es destinado tanto para la alimentación de rumiantes como para los procesos de cocción de la panela. Otro cultivo que se combina con la caña panelera, es el cultivo del maíz; de acuerdo con los datos del Banco Mundial la agricultura aporta el 7 % del PIB [2]. Sin embargo, de acuerdo con el "Plan País Maíz" del actual gobierno, el aumento en la producción, en el periodo 2010 - 2013 creció de 198 mil a 300 mil ha y el rendimiento ton/ha pasó de 4,8 a 5,2. Donde el Valle del Cauca es la región del país con el mayor rendimiento de 7 ton/ha [3]. En la región del magdalena medio (Sur del Cesar y Santander) tiene un rendimiento de 4 ton/ha y está asociado con la industria avícola [4]. La biomasa residual debida al bagazo de caña y a los residuos del maíz, que incluyen tusas, hojas e incluso maíz, tiene un gran potencial, para ser utilizados como

fuentes de energía en remplazo de la madera o el carbón [5]. Sin embargo, el principal problema para el uso de los residuos de biomasa provenientes de los cultivos de la caña panelera y del maíz, es su alta humedad y baja densidad energética [6].

Por tanto, el objeto de este estudio fue (1) evaluar el efecto de la humedad sobre el calor de combustión y (2) comparar los resultados obtenidos entre las diferentes variedades de maíz y caña panelera sembradas en el país.

2. Materiales y métodos

Las determinaciones calorimétricas se realizaron con un calorímetro Modelo 6200, equipado con una bomba de oxígeno isoperibólica 1108 Parr, controlado por un microprocesador. Las medidas se realizaron de acuerdo con la norma ASTM D 4868 [7] con una precisión del 0,1 %. Las muestras se molieron y secaron en un horno a 105 °C durante 12 horas y peso constante. Se utilizó un termistor con una precisión de 0,01 °C. El calorímetro fue calibrado con ácido benzoico estándar primario (N.B.S. SRM 39 i) bajo condiciones certificadas de 26,454 MJ/kg. La media y la desviación estándar de la media observada en equivalentes de energía para el calorímetro vacío fue de 15171,36 J/K (seis experimentos). La combustión se realizó con una presión de oxígeno de 3,0 Mpa. Se utilizó un fusible iniciador (Parr 45C10) de 8,368 J/cm.

El azufre se determinó en forma de sulfato de bario suspendido con $BaCl_2$ (JT Baker para análisis) según la norma ASTM D 129-91 (c), se midió en un espectrofotómetro Beckman UV-Vis DU-70. Las soluciones estándares de azufre en medio acuoso se prepararon a partir de sulfato de azufre anhidro 99% (JT Baker, para análisis).

Las muestras sólidas de bagazo de caña corresponden a una edad de 10 meses del tercer corte y las muestras de tuza de maíz, provienen de cultivos de la Finca experimental de Villa Marina, de la Universidad de Pamplona. Las muestras se prepararon a partir de material en base seca por peso. Se utilizó agua destilada para la preparación de las muestras con diferentes humedades por peso.

3. Resultados

En la Tabla 1 se observa el mayor efecto de la humedad en la variedad CC 85-92 de bagazo de caña panelera con 48,2% y la menos afectada es la variedad RD 75-11 con 18,3 %. Sin embargo, presenta el mayor contenido de azufre de 3,466±0,047 %. La Figura 1 muestra el comportamiento del calor de combustión (Q_b) de las seis variedades de bagazo de caña, donde se observó que CC 85-92, CC 85-57 y CC 86-45 son las variedades que para valores de humedad del 30 % disminuyen desde 17 MJ /kg hasta 9 MJ/kg, para la variedad CC 85-92, se reporta una disminución de un 48,20 %. Sin embargo, se observó un segundo grupo de variedades la CC 85-47, RD 75-11 y CC 84-75 donde la variación Q_b disminuye desde 17 MJ/kg hasta 13 MJ/kg, con un efecto máximo (E) del 38,2 %. El análisis de azufre asociado a los procesos de combustión dio los siguientes resultados en orden ascendente de efecto de humedad: RD 7511, 3,47 % (p/p), CC 8475, 2,21 %(p/p), CC 8645 1,97 %(p/p), CC8557, 1,13 %(p/p), y CC8547, 3,01 %(p/p).

Tabla 1. Calores de combustión (MJ/kg) de bagazo de caña.

% (p/p)	CC 8557	CC 8547	CC 8645	CC 8592	CC 8475	RD 7511
0	17.513	17.008	16.912	16.917	16.433	16.476
10	15.441	15.550	15.161	14.233	14.981	15.403
20	13.069	14.829	13.550	11.047	13.723	14.321
30	10.763	13.857	11.659	8.763	12.477	13.454
E. (%)	32.80	38.51	31.01	48.20	24.00	18.30

E: Efecto máximo de la humedad.

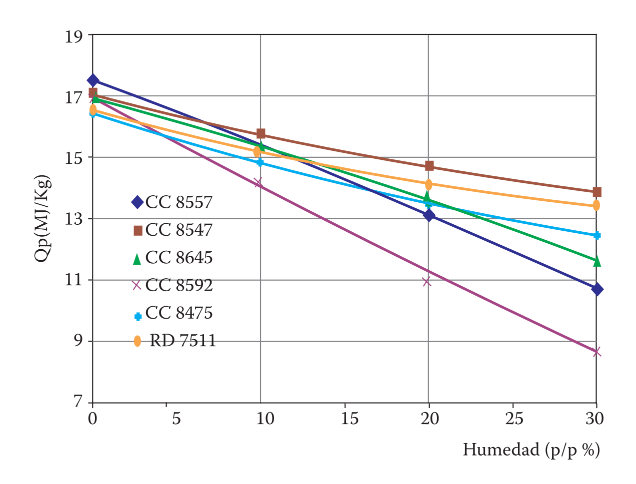


Figura 1. Comportamiento del calor de combustión del bagazo en función de la humedad para variedades de caña panelera.

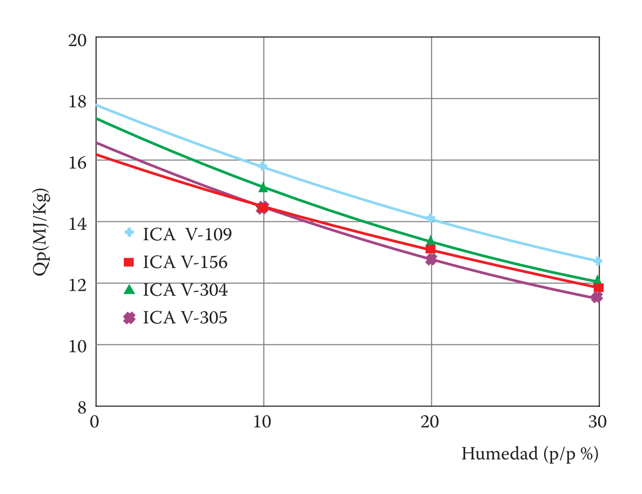


Figura 2. Comportamiento del calor de combustión en función de la humedad para variedades de maíz.

De acuerdo con datos de literatura, el bagazo tiene un valor de calor de combustión bruto de 19.25 MJ/kg a cero humedad y de 8 MJ/kg para una humedad del 48 % con un importante potencial para la cogeneración de energía, ha sido propuesto en diversas latitudes, un caso específico es la Isla de Mauritania, donde con una producción de 90 millones de tons se generan 10.000 GWh [8]. En Colombia el sector azucarero para 2012 logró una capacidad instalada de 182 MW con un excedente de 53 MW que vendió en el mercado energético [9].

En la reacción propuesta por Shiralkar K et al [10] para la combustión completa del bagazo en la ec. 1 no se considera el azufre como subproducto de la reacción:

$$4C_{13}H_{21}O_{10}+53O_2+53(79/21)N_2 \rightarrow 52CO_2+42H_2O+53(79/21)N_2 \quad (1)$$

En un proceso de cogeneración de energía, los gases azufrados son técnicamente eliminados. Sin embargo, no ocurre así en la producción de la panela.

De acuerdo, con distintos autores [11], la biomasa residual del cultivo del maíz (cañas, hojas, tuzas varía entre 20 a 35 ton/ha en maíz blanco y de 16 a 25 ton/ha en maíz amarillo y aproximadamente 1 ton/ha de mazorcas sin maíz. Por tanto, se esperaría en promedio 9 millones de ton/corte de residuos por la siembra de maíz blanco en Colombia.

En la Tabla 2 se presentan los resultados correspondientes a de cinco variedades de maíz. El mayor efecto sobre Q_b se observa en la variedad de maíz ICA V-507 con un 37,79% .

En la Figura 2 se observa la variación de Q_b en función del aumento de la humedad (p/p) donde

Tabla 2. Calores de combustión (MJ/kg) de residuos de la mazorca de maíz.

% (p/p)	ICA V-109	ICA V-156	ICA V-304	ICA V-305	ICA V-507
0	20.078	18.280	19.633	18.826	19.406
10	17.816	16.365	16.936	16.244	16.009
20	15.946	14.829	15.167	14.670	14.057
30	14.389	13.457	13.622	12.502	12.073
E. (%)	28.330	26.380	30.620	30.360	37.790

E: Efecto máximo de la humedad.

la variedad ICA V-109 disminuye desde 20 MJ/kg a cero humedad hasta 14.389 MJ/kg a 30 % (p/p) de humedad. La producción de azufre es notablemente menor en comparación con el bagazo de caña, para el ICA V-109 de 0,167 %(p/p), ICA V-156 de 0,263 %(p/p), ICA V-304 de 0,34 % (p/p), ICA V-305 de 0,34 % y para ICA V-507 de 0,464% (p/p). La baja producción de azufre, es una importante ventaja en los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a partir de residuos de maíz.

El potencial calculado con una humedad del 10 % para los residuos del cultivo del maíz blanco sobre la base de 300.000 ha/año cultivadas es de aproximadamente 1 GW/ año, con la posibilidad de desarrollar proyectos de generación eléctrica o diseñar briquetas que sustituyan el consumo de madera y carbón en áreas rurales, resultaría muy ventajoso [12].

A partir de los residuos de las mazorcas de maíz como fuente de calor para un ciclo de Rankine, se ha calculado una productividad de 5-8,5 kW de energía teórica con una eficiencia térmica del 10,3% para un área cultivada de 45 a 100 ha/año [13]. La posibilidad de utilizar los residuos de bagazo de caña y mazorcas de maíz para la producción de energía eléctrica en Sudáfrica, ha sido objeto de análisis cinéticos no térmicos [14].

4. Conclusiones

El análisis de (Q_b) del bagazo de caña permite concluir que la variedad RD 7511 presenta el menor efecto a la humedad pero presenta la más alta producción de azufre. En el caso de los residuos de mazorca de maíz ICA V-156 e ICA V-109 presentaron el menor efecto en su (Q_b) por la humedad.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del centro de investigaciones CIMPA Corpoica, Barbosa y a la Asociación de Productores de Maíz del Municipio de Bolívar /ICA por las semillas y muestras para el estudio.

Referencias

1. Osorio, C. (2007). *Buenas prácticas agrícolas -BPA- y buenas prácticas de manufactura –BPM- en la producción de panela. Manual Técnico*. Ed. FAO. Medellín.
2. Consultado, 2 mayo 2014, En: http://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS/countries
3. *En más de 600 mil toneladas se incrementó la producción de maíz en Colombia*. Consultado, 4 mayo 2014, En: https://www.minagricultura.gov.co
4. *PLAN "PAIS MAIZ" Cadenas Productivas*. Consultado, 4 mayo 2014, En: http://www.fenalce.org/archivos/Plan_P_M.pdf
5. Patel, B., Gami, B., Bhimani, H. (2011). Improved fuel characteristics of cotton stalk, prosopis and sugarcane bagasse through torrefaction, *Energy for Sustainable Development*, 15, 372–375.
6. Felfli, F., Luengo, A., Suárez, J., Beatón, P. (2005). Wood briquette torrefaction. *Energy for sustainable development*, 9, 19–23.
7. ASTM D4868 – 00. (2010). Standard Test Method for Estimation of Net and Gross Heat of Combustion of Burner and Diesel Fuels. Consultado, 4 mayo 2014, En: http://www.astm.org/Standards/D4868.htm
8. Deepchand, K. Commercial scale cogeneration of bagasse energy in Mauritius. (2001). *Energy for Sustainable Development*, 5, 15-22.
9. Asocaña. El Sector Azucarero Colombiano, más que azúcar, una fuente de energía renovable para el país. Consultado, 8 de mayo de 2014. En: http://www.asocana.org/documentos
10. Shiralkar, K., Kancharla, S., Shah, N., Mahajani, S. (2014). Energy improvements in jaggery making process. *Energy for Sustainable Development*, 18, 36–48.
11. Prado-Martínez, M., Anzaldo-Hernández, J., Becerra -Aguilar, B., Palacios-Juárez, H., Vargas-Radillo, J., Maite Rentería-Urquiza, M.

(2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. Madera y Bosques 18, 37-51.

12. Kaliyan, N., Morey, N. Densification characteristics of corn cobs. (2010). *Fuel Processing Technology*, 91, 559–565.
13. Rohmah, N., Pikra, G., Salim, A. Organic Rankine cyvle system preliminary design with corn cob biomass waste burning as heat source. (2013). *Energy Procedia*, 32, 200 – 208.
14. Aboyadea, A., Hugoa, T., Carriera, M., Meyerb, E., Stahl, R. Knoetzea, J., Görgensa, J. Non-isothermal kinetic analysis of the devolatilization of corn cobs and sugarcane bagasse in an inert atmosphere. (2011). *Thermochimica Acta,* 517, 81–89